

DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.18283.1887

مقایسه دو روش فازی و شاخص ترکیبی بیابان‌زایی (IDI) در ارزیابی شدت بیابان‌زایی در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی با تأکید بر شاخص‌های پوشش گیاهی (مقاله پژوهشی)

۱- مصطفی دستورانی*، استادیار دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

m.dastorani@hsu.ac.ir

۲- محسن جعفری‌شلمزاری، مسئول واحد انفورماتیک دانشگاه پیام نور استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۱

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۶

چکیده

در این پژوهش به مقایسه کارایی دو روش فازی و شاخص ترکیبی بیابان‌زایی در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی در تعیین بیابان‌زایی پرداخته شده است. در این راستا، شاخص ارتقاء‌یافته پوشش گیاهی، شاخص وضعیت پوشش گیاهی، شاخص شوری، شاخص ترکیبی خشکسالی، شاخص وضعیت دمایی برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ میلادی استفاده شده است. اطلاعات این شاخص‌ها با دو روش بیشینه-کمینه و روش فازی هنجارسازی شده و با روش سلسله مراتبی (AHP) وزن متناسبی به آنها اختصاص داده شد. سرانجام با روش ترکیب وزنی و شاخص تلفیقی بیابان‌زایی نقشه شدت بیابان‌زایی در منطقه تعیین شد. نتایج نشان داد که در روش فازی ۴۵ درصد (۱۶۷۶ کیلومتر مربع) از منطقه دچار بیابان‌زایی شدید و خیلی شدید است ولی در عین حال، عمده سطح منطقه یعنی ۵۵ درصد (۲۰۴۸ کیلومتر مربع) شدت خفیف و متوسط داشته‌اند. در مقام مقایسه، در شاخص تلفیقی بیابان‌زایی هیچ سطحی از منطقه در کلاس خیلی شدید قرار ندارد ولی در عین حال، کلاس شدید ۶۷ درصد (۲۴۹۶ کیلومتر مربع) از منطقه را پوشش داده است. بر این اساس، اگرچه دو روش فازی و شاخص تلفیقی بیابان‌زایی عمده منطقه را در خطر بیابان‌زایی طبقه‌بندی کرده‌اند، اما این طبقه‌بندی در روش فازی به شدت سخت‌گیرانه‌تر از شاخص تلفیقی بیابان‌زایی بوده است. در عین حال، شاخص تلفیقی بیابان‌زایی نیز تمایل به بیش تخمینی شرایط بیابان‌زایی دارد. مقایسه صورت‌گرفته بین داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده و مقادیر مشابه در نقشه‌های به‌دست‌آمده نشان از تطابق بیشتر شاخص تلفیقی بیابان‌زایی (شاخص کاپا ۰/۷۳) در برابر روش فازی (شاخص کاپا ۰/۵۴) بوده است. بنابراین می‌توان گفت که شاخص تلفیقی بیابان‌زایی اگرچه کارایی بالاتری داشته ولی هم‌زمان دچار بیش تخمینی بیابان‌زایی در منطقه شده است. این روش برای ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه در برابر روش فازی پیشنهاد می‌گردد. نتایج این تحقیق برای مدیران اراضی در زمینه ارزیابی روند بیابان‌زایی و برنامه‌ریزی برای مقابله با این پدیده مفید خواهد بود.

واژگان کلیدی: تخریب زمین، پوشش گیاهی، سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شوری.

مقدمه

مضاعف وارد می‌سازد از دید بسیاری پنهان مانده است [۱۸].

مناطق بیابانی، به تغییرات اقلیمی بسیار حساس هستند. وسعت زیاد بیابان‌ها در مقیاس جهانی بدان معناست که سهم عمده‌ای از واکنش سیاره زمین به تغییرات اقلیمی در این مناطق رقم می‌خورد و به همین دلیل برای همه انسان‌ها دارای اهمیت هستند [۱۳].

بیابان‌ها انتهای سختی شرایط محیطی هستند و اغلب به‌عنوان گرم‌ترین نقاط زمین در نظر گرفته می‌شوند. این مناطق، خشک و گرم بوده و دریاچه‌های شور، تپه‌های ماسه‌ای، پوشش‌های گیاهی و جانوری ویژه از خصوصیات رایج آنها هستند [۲۵]. پویایی کم اکوسیستم‌های بیابانی سبب شده تا این مناطق توجه چندانی به خود جلب نکنند. سهم زیادی از جمعیت دنیا در این مناطق زندگی می‌کنند ولی این حقیقت که تغییر اقلیم بر این مردم فشار

پيامدهای اقتصادی ناشی از بیابان‌زایی قابل توجه هستند. برای نمونه، مطالعه‌ای در ۱۴ کشور آمریکای لاتین نشان داد که هر ساله به دلیل بیابان‌زایی، ۱۴-۸ درصد از تولید ناخالص بخش کشاورزی از بین می‌رود، درحالی‌که در یک مطالعه دیگر در مقیاس جهانی مشخص شد که بیابان‌زایی عامل از بین رفتن ۱۰-۱ درصد از رشد ناخالص جهانی است [۲۱].

یکی از اصلی‌ترین زمینه‌های پیشگیری از بیابان‌زایی، اطلاع از گستره و روند آن است. تلاش زیادی صورت پذیرفته تا وسعت اراضی بیابانی یا دچار بیابان‌زایی و روند تغییرات آنها مشخص شود. برای نمونه می‌توان به برنامه جهانی ارزیابی تخریب خاک^۲ GLASOD در مقیاس جهانی، بیابان‌زایی و کاربری اراضی مناطق مدیترانه‌ای^۳ MEDALUS در میان سایر تلاش‌ها اشاره کرد [۲۹]. در مقیاس ملی نیز می‌توان به مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی^۴ IMDPA و مدل ایرانی طبقه‌بندی بیابان‌زایی^۵ ICD و نسخه اصلاح‌شده آن MICD^۵ اشاره کرد [۹].

البته قضاوت‌های کارشناسی و نیاز به حجم زیاد داده سبب شده تا علاقه محققان به این دسته مدل‌ها کاهش یافته و توجه به روش‌های ساده ولی دقیق‌تر با استفاده از داده‌های رقومی و ماهواره بیشتر شود. ورود فن‌آوری سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی سبب شده تا ارزیابی بیابان‌زایی در مقیاس گسترده و با دقت مثال‌زدنی میسر شود [۳، ۱۲]. تحقیقات فراوانی با استفاده از این فناوری‌ها در زمینه بیابان‌زایی به انجام رسیده که می‌توان به اکبری و همکاران [۱، ۲] کومار و همکاران [۲۳] و جعفری شلمزاری و همکاران [۱۴، ۱۵] اشاره کرد. از طرف دیگر، ورود روش‌های آماری و ریاضی در ترکیب با روش‌های سنجش‌ازدور، بهترین روش ترکیبی برای ارزیابی بیابان‌زایی را در اختیار محققان قرار داده است [۱].

دانشمندان فراوانی تلاش کرده‌اند تا نواحی بیابانی را تعریف و مرز و محدوده آنها را مشخص کنند. البته گاهی میان آنها نه تنها از نظر مفهوم بلکه از نظر مرز نیز تفاوت‌هایی دیده می‌شود. تلاش برای تعریف مرزهای ثابت برای بیابان‌ها سبب این تفاوت دیدگاه‌ها شده است، زیرا بیابان‌ها دائماً در حال گسترش و گاهی در حال پس‌روی هستند [۲۱].

البته باید میان بیابان و بیابان‌زایی تفاوت قائل شد. کنوانسیون بیابان‌زدایی سازمان ملل^۱ بیابان‌زایی را به‌عنوان تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک-نیمه‌مرطوب بنا به انواع دلایل اقلیمی و انسانی معرفی کرده است [۳۷]. بیابان‌زایی پدیده‌ای پویاست که در اکوسیستم‌های خشک و شکننده، بیشتر دیده می‌شود. این پدیده بر خشکی‌ها (خاک سطحی، آب زیرزمینی، رواناب)، موجودات زنده و گیاهان و همچنین انسان‌ها و امکاناتش (مانند سدها، تراس‌ها و غیره) تأثیر می‌گذارد. بیابان‌زایی به دلیل درون‌کنش میان عوامل ایجادکننده آن اعم از عوامل فیزیکی، زیستی، سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی، پدیده‌ای بسیار پیچیده است [۱۰].

در دهه‌های گذشته برنامه‌های قانونی، سیاسی، و حمایتی بسیاری برای پیشگیری و مقابله با بیابان‌زایی به انجام رسیده است. این برنامه‌های احیایی، مقابله‌ای و پیشگیرانه یا به‌صورت جداگانه و یا در کنار هم در مقیاس محلی (برای نمونه پذیرش برنامه کشت حفاظتی توسط کشاورزان) و یا مقیاس بزرگ (تلاش برای رسیدن به دنیایی بدون بیابان‌زایی در جامعه جهانی) انجام شده است [۲۱].

با وجود گسترش دانش ما از پیشران‌ها، فرآیندها و درون‌کنش‌های آنها در مورد خدمات اکوسیستمی و کیفیت زندگی انسان (مانند غذا، علوفه، گوشت، ایاف، سوخت و پایداری اجتماعی)، رسیدن به یک سازوکار منسجم برای پیشگیری و مقابله با بیابان‌زایی همچنان چالشی بزرگ باقی مانده است. بهترین روش برای کاهش خطرات ناشی از بیابان‌زایی در بلندمدت، پیروی از این اصل است که «پیشگیری بهتر از درمان است» [۲۴].

² Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD)

³ Mediterranean desertification and land use (MEDALUS)

⁴ Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

⁵ Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

¹ The United Nations Convention to Combat Desertification

(مناطق تبخیری و سازندهای کواترنری از نقشه زمین‌شناسی منطقه استخراج شده‌اند).

شاخص‌های استفاده شده

در این بررسی، شش شاخص عمده در نظر گرفته شده است که عبارتند از شاخص ارتقاء یافته پوشش گیاهی^۲، شاخص وضعیت پوشش گیاهی^۳، شاخص شوری، شاخص ترکیبی خشکسالی^۴، شاخص شرایط دمایی^۵ و بارش. از محصولات MOD13A3v006، MOD13Q1، MOD11A2 و MOD13Q1 به ترتیب برای شاخص‌های EVI، NDVI، TCI و باند دیداری برای محاسبه شاخص شوری، استفاده شده‌اند.

نقشه رقومی ارتفاعی از ماهواره آلبوس با دقت ۱۲/۵ متر بارگذاری شده‌اند. محاسبات مربوطه در محیط Earth Engine و سپس نرم‌افزار ENVI 5.3 و ArcGIS 10.8 انجام شده‌اند.

شاخص EVI

شاخص EVI که یک شاخص پوشش گیاهی ارتقاء یافته است، نسبت به شاخص سنتی NDVI، برتری خاصی دارد که حساسیت پایین‌تر آن به تغییرات پوشش گیاهی، شرایط آب‌وهوایی و نویز هستند. این شاخص بر اساس معادله ۱ محاسبه می‌شود:

$$EVI = G \frac{NIR - Red}{NIR + C_1 Red - C_2 Blue + L} \quad (1)$$

که در آن: NIR، Red و Blue بازتاب سطحی اصلاح شده، L شاخص تنظیم پس‌زمینه تاج پوشش، C₁ و C₂ ضرایب غبار، و G ضریب تقویت دریافت یا ضریب عدد صحیح است. مقادیری که در این بررسی لحاظ شده‌اند عبارت‌اند از L=1، C₁=6، C₂=7.5 و G=2.5 [۷]. این شاخص بین صفر و یک متغیر است و تراکم پوشش گیاهی سبب افزایش میزان این شاخص می‌شود.

روش‌های ارزیابی چند متغیر، روش‌های فازی و روش‌های تلفیقی بیابانزایی^۱ [۳۲]، از جمله این روش‌ها هستند [۲، ۱۷، ۳۵، ۱۴، ۱۵]. با این حال، تعداد تحقیقاتی که در مناطق خشک با استفاده از این روش‌ها به انجام رسیده است محدود است [۳۶، ۲۸].

در این تحقیق، با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدوری، سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری، تغییرات بیابانزایی در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ میلادی ارزیابی می‌شود. توانایی این روش‌ها در این منطقه کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج این تحقیق می‌تواند راهگشای تحقیقات مشابه آتی در زمینه بررسی بیابانزایی و روندیابی آن باشد. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند به مدیران در ارزیابی وضعیت و روند بیابانزایی در منطقه و تهیه نقشه‌های دقیقی با کمترین هزینه کمک کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در این بررسی شهرستان تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی است که بین طول جغرافیایی شرقی ۵۸° ۴۰' تا ۵۹° ۴۰' و عرض شمالی ۱۰' ۳۵° تا ۵۰' ۳۵° واقع شده است. مساحت منطقه ۳۷۲۶ کیلومترمربع بوده و تفاوت ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا ۲۹۶۰ متر از سطح دریا است. منطقه شامل ناهمواری‌های میانی و شمالی و دشت‌های آبرفتی میانی است. عمده سازندهای منطقه شامل سنگ‌های آذرین همراه با رسوبات آبرفتی کواترنری و سازندهای تبخیری در برخی قسمت‌های منطقه است که بسیار مستعد فرسایش آبی و بادی هستند. خاک‌های منطقه تکامل نیافته و عمدتاً در رده اینسپتی‌سول و انتی‌سول قرار می‌گیرند.

بارش متوسط سالانه منطقه ۳۴۰ میلی‌متر بوده و دمای میانگین سالانه ۱۱ °C درجه سانتی‌گراد است. از نظر طبقه‌بندی آمبرژه، نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. کاربری عمده منطقه، مرتع بوده و برون‌زدهای سنگی زیادی نیز به چشم می‌خورد. موقعیت منطقه به همراه مناطق حساس به فرسایش در شکل ۱ ارائه شده است

² Enhanced Vegetation Index (EVI)

³ Vegetation Condition Index (VCI)

⁴ Synthetized Drought Index (SDI)

⁵ Temperature Condition Index (TCI)

¹ Integrated Desertification Index

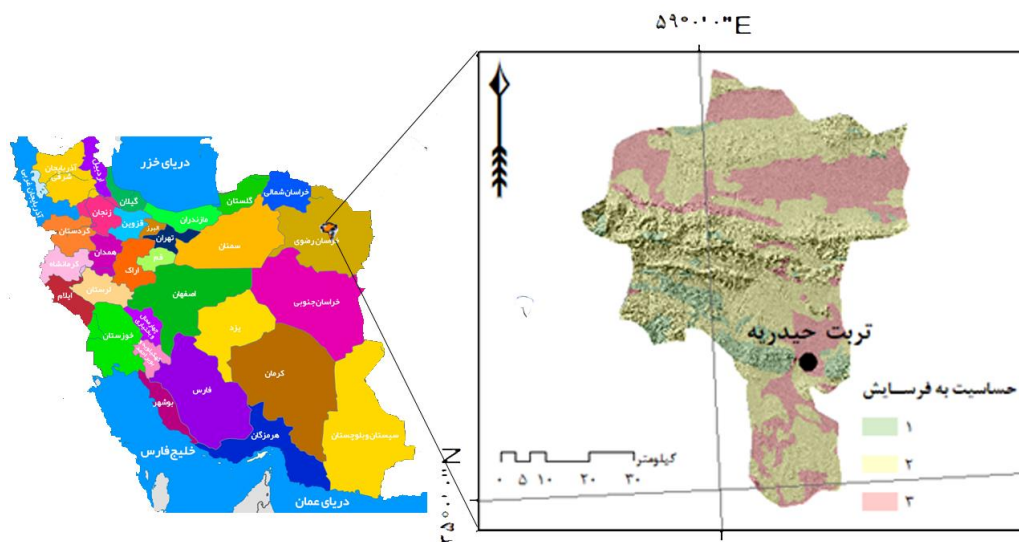
$$VCI_i = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (2)$$

که در آن: VCI_i شرایط پوشش گیاهی در سال i ، $NDVI_i$ میزان این شاخص در هر پیکسل در سال i ، و max و min به معنی بیشینه و کمینه شاخص $NDVI$ در دوره مطالعاتی است. در این بررسی، شاخص ماهانه VCI در نظر گرفته شده است.

محصول ماهواره مودیس برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۲۰ برای این منظور بارگذاری شدند که دارای دقت زمانی ۱۶ روزه هستند و برای تبدیل آن به مقیاس ماهانه از میانگین وزنی استفاده شد.

شاخص VCI

ایده اصلی استفاده از این شاخص، ارزیابی رشد پوشش گیاهی در پاسخ به تغییرات اقلیمی بوده و در آن، بیشینه و کمینه رشد پوشش گیاهی معیار سنجش وضعیت فعلی است [۲۰]. این شاخص بر اساس معادله ۲ به شکل زیر محاسبه می‌شود:



شکل ۱ - موقعیت قرارگیری شهرستان تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی و ایران به همراه سطح حساسیت منطقه به فرسایش. نقشه فرسایش بر روی نقشه ناهمواری به‌دست‌آمده از نقشه رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متری ماهواره ALOS جای‌گذاری شده است.

شاخص P

برای تولید نقشه بارش در این بررسی به تعیین رابطه میان بارش و ارتفاع در ایستگاه‌های منطقه و ایستگاه‌های هم‌جوار شد. در شکل ۲، رابطه میان بارش و ارتفاع نمایش داده شده است. با توجه به بالابودن ضریب همبستگی R^2 (۰/۷۱)، معادله مورد نظر برای تولید نقشه بارش استفاده گردید.

شاخص وضعیت دمایی (TCI)

شاخص شرایط دمایی TCI [۲۰] شاخص مکمل VCI است و برای ارزیابی خشکسالی استفاده می‌شود. نواحی درخطر بیابان‌زایی، رطوبت خود را از دست می‌دهند و در

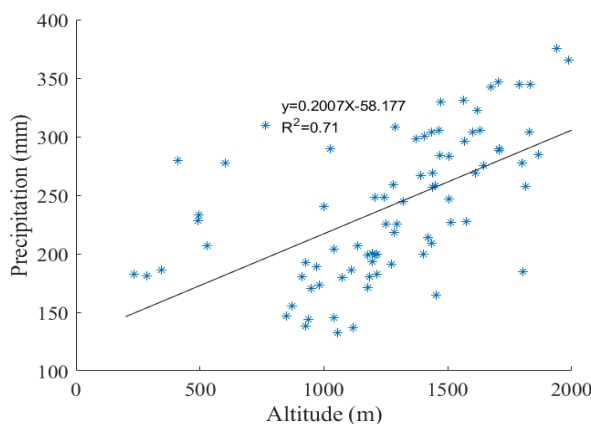
سطح خود، دچار تنش‌های حرارتی می‌شوند که منجر به افزایش دمای هوا می‌شود. محصول دمای سطحی خاک ماهواره مودیس^۱ با دقت ۱ کیلومتر برای محاسبه این شاخص استفاده شد. داده‌ها به معادل ماهانه تبدیل شدند. نحوه مقایسه شاخص TCI به شکل رابطه ۳ است.

$$TCI_i = \frac{LST_{max} - LST_i}{LST_{max} - LST_{min}} \quad (3)$$

¹ Land Surface Temperature

خشک به دست می‌آورد. شاخص TCI بین صفر و یک متغیر بوده و سال‌های مرطوب به صفر نزدیک‌تر می‌شود.

که در آن، TCI_i شرایط دمایی در سال i و LST دمایی سطحی بیشینه و کمینه در سطح زمین است. بر خلاف NDVI، این شاخص، بیشینه خود را در سال‌های



شکل ۲- همبستگی میان ارتفاع و بارش در ۸۳ ایستگاه در استان خراسان رضوی

استانداردسازی شاخص‌ها

برای آن که بتوان نقشه‌های موضوعی رستری را با هم ترکیب کرد، نیاز به هم مقیاس کردن آنهاست. به فرآیند هم‌مقیاس‌سازی داده‌ها، استانداردسازی یا هنجارسازی گفته می‌شود. روش‌های زیادی برای این منظور موجود است از جمله روش‌های کمینه-بیشینه، میانه، نرمال‌سازی Z، روش فازی و ... [۱۶]. در این تحقیق برای استانداردسازی از روش فازی و روش کمینه بیشینه استفاده شد.

تابع فازی‌ساز Small و Large، فازی‌سازی که به ترتیب به اعداد بزرگ و کوچک وزن بزرگ‌تری می‌دهند در نرم‌افزار ArcGIS اجرا شد. روش کمینه-بیشینه نیز در همین نرم‌افزار و بر اساس رابطه ۵ اجرا شد:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (5)$$

که در آن، x مقدار هر سلول، و x' مقادیر هنجارشده هستند.

وزن دهی

ترکیب لایه‌های رستری نیازمند آن است که اهمیت نسبی هر شاخص نسبت به دیگری به صورت ریاضی در تحقیق

شاخص ترکیبی خشکسالی (SDI^۱)

این شاخص بر اساس تحلیل مؤلفه اصلی و برای حذف اطلاعات اضافه به دست می‌آید. برای این منظور، شاخص‌های NDVI، VCI، LST و بارش استفاده شده و از میان شاخص‌های اشاره شده، شاخص VCI، TCI و P معنی‌دار بودند (برای اطلاع بیشتر رجوع شود به Du, [۸] Tian).

شاخص شوری

شوری یکی از دلایل اصلی بیابان‌زایی است. شوری خاک به مواد معدنی، آبیاری غلط، کیفیت آب، و شوری آب زیرزمینی بستگی دارد [۶، ۳۸]. در این تحقیق، از باند دیداری ماهواره MODIS با بازه ۱۶ روزه استفاده شد. اگرچه شاخص‌های فراوانی برای ترکیب باندهای این ماهواره برای ارزیابی شوری موجود است اما بر اساس نظر [۲۷] از شاخص زیر برای محاسبه شوری استفاده شد:

$$SI = \sqrt{BLUE * RED} \quad (4)$$

که در آن؛ RED و BLUE باندهای سرخ (۴) و آبی

(۶) با دقت ۵۰۰ متر هستند.

^۱ Synthetized Drought Index

کلاس بیابان‌زایی خیلی کم (۰/۱۵-۰)، کم (۰/۳-۰/۱۵)، متوسط (۰/۳-۰/۵)، زیاد (۰/۷-۰/۵) و بحرانی (بیش از ۰/۷) تقسیم شدند [۳۰]. برای اعتبارسنجی نتایج، به صورت تصادفی ۸۰ نقطه در سراسر منطقه بازدید شده و بر اساس نظرات کارشناسی، بین ۰ تا ۱ نمره‌دهی شدند. مقادیر بیابان‌زایی در این نقاط از نقشه‌های تولیدشده به دست آمده و بر اساس ضریب کاپا، دقت طبقه‌بندی مشخص گردید.

نتایج

نتایج وزن‌دهی

نتایج وزن‌دهی در جدول ۱ ارائه شده است. بر این اساس، بیشترین وزن را شاخص‌های بارش، شوری و شاخص‌های پوشش گیاهی VCI و EVI به دست آورده‌اند. از نظر وزن تغییرات هر شاخص نیز شاخص‌های پوشش گیاهی و شوری، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. ضریب سازگاری مقایسات نیز ۰/۰۵ به دست آمد که نشان‌دهنده اعتبار مقایسات است.

شاخص‌های استاندارد شده

در شکل ۳، شاخص‌های استاندارد شده برای روش فازی برای دو سال ۲۰۲۰ و ۲۰۰۰ ارائه شده‌اند. از نظر شاخص‌های پوشش گیاهی VCI و EVI، بیشترین پوشش گیاهی در دشت آبرفتی شمالی و برخی مناطق هموار مرکزی دیده می‌شود. از نظر شاخص دمایی و بارش عمده دشت‌های منطقه پتانسیل بیابان‌زایی زیادی از خود نشان می‌دهند.

از نظر شاخص ترکیبی خشکسالی نیز دشت‌های جنوبی و برخی مناطق شمال غرب منطقه دچار مشکل خشکسالی بوده و پتانسیل بیابانی شدن را نشان می‌دهند. شاخص شوری نیز نشان می‌دهد که قسمت‌های جنوبی منطقه در خطر بیابان‌زایی هستند.

اعمال شود. برای این منظور از روش وزن‌دهی سلسله‌مراتبی [۳۱] که رایج‌ترین روش وزن‌دهی است استفاده شد. هر شاخص در برابر دیگر شاخص‌ها از نظر اهمیت امتیاز ۱ تا ۹ به دست می‌آورد.

در این تحقیق، پنج کارشناس به مقایسه شاخص‌ها پرداخته و اعداد اختصاص یافته در نرم‌افزار Expert Choice 11.0 تحلیل شد. سازگاری در میان مقایسات انجام شده با استفاده از شاخص سازگاری تعیین می‌شود که در صورتی که از ۱۰ درصد گذر نکند، مقایسات صورت گرفته، معتبر محسوب می‌شوند [۱۵].

ترکیب لایه‌ها

جهت ترکیب لایه‌های فازی شده از روش ترکیب وزنی به کمک رابطه ۶ استفاده شد:

$$DI = \sum_{i=1}^n W_i \times y_i \quad (6)$$

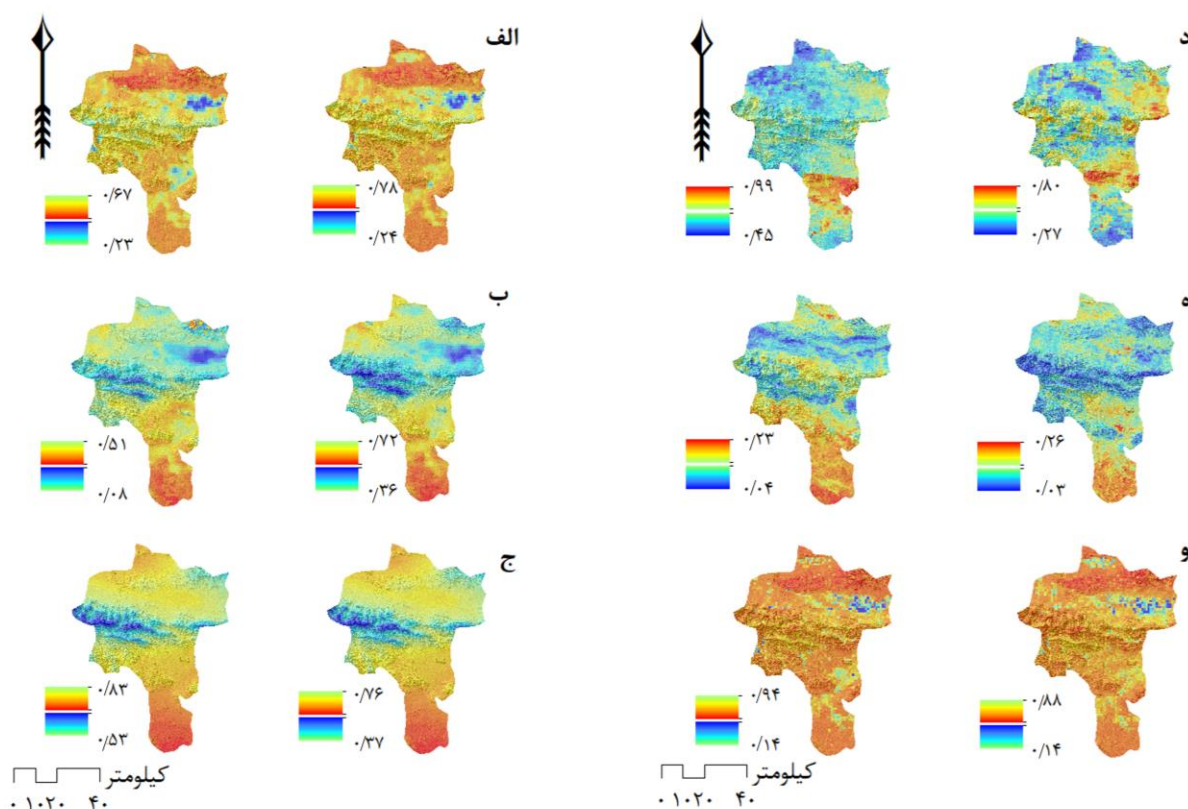
که در آن: W_i و y_i لایه استاندارد شده است. سرانجام اختلاف نقشه‌های دو سال ۲۰۲۰ و ۲۰۰۰، به عنوان روند تغییر بیابان‌زایی به دست آمد. جهت ترکیب لایه‌ها و به دست آوردن شاخص ترکیبی بیابان‌زایی، از معادله ۷ استفاده شد. برای این منظور، ابتدا اختلاف لایه‌های سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۰۰ به دست آمده و بر اساس وزن‌های به دست آمده از روش AHP اقدام به ترکیب لایه‌ها نمودیم.

$$IDI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \left[\frac{e^{P \Delta ID_i * \Delta ID_i}}{e} * \frac{e^{P ID_i * ID_i}}{e} \right] \quad (7)$$

که در آن: N تعداد شاخص در نظر گرفته شده، i هر شاخص، و ID_i شاخص بیابان‌زایی فرآیند i و ΔID_i تغییرات نسبت به گذشته در شاخص بیابانی i است. P نشان‌دهنده وزن اختصاص یافته به هر فرآیند است. E ثابت اوپلر و ۲/۷۱۸ است. سرانجام، نقشه‌های به دست آمده به ۴

جدول ۱- نتایج به دست آمده برای شاخص‌های مختلف استفاده شده در این تحقیق

شاخص	TCI	VCI	EVI	SDI	P	SI	جمع
وزن	۰/۰۹۷۷	۰/۱۳۴۶	۰/۱۸۴۶	۰/۰۶۴۴	۰/۲۵۵۹	۰/۲۵۸۲	۱
وزن تغییرات	۰/۱۳۳۳	۰/۲۲۶۱	۰/۲۵۱۵	۰/۱۲۴۰	۰/۰۵۰۰	۰/۲۱۵۱	۱



شکل ۳- نقشه‌های استاندارد شده به روش فازی در شهرستان تربت حیدریه استان خراسان رضوی

(الف) VCI؛ (ب) TCI؛ (ج) بارش؛ (د) SDI؛ (ه) شوری؛ (و) EVI

است. نقشه فازی بر اساس اختلاف بین نقشه فازی سال ۲۰۲۰ و سال ۲۰۰۰ به دست آمده است. بر این اساس، عمده مناطق بیابانی در روش فازی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ شاهد تغییر وضعیت بوده ولی قسمت‌های شمالی و جنوبی منطقه که از نظر پوشش گیاهی، شوری و دمایی دچار تنش بیشتری هستند شاهد افزایش خطر بیابانزایی شده‌اند.

کلاس بندی منطقه به چهار کلاس شدت بیابانزایی در روش فازی (جدول ۲) نشان داد که ۵۵ درصد منطقه (۲۰۴۹ کیلومتر مربع) در کلاس خیلی خفیف و متوسط قرار دارد. عمده خطر بیابانزایی در کلاس شدید و خیلی شدید ۴۵ درصد (۱۶۷۶ کیلومتر مربع) در شمال و جنوب منطقه توزیع شده‌اند. در روش IDI عمده منطقه در کلاس شدید ۶۷ درصد (۲۴۹۶ کیلومتر مربع) واقع شده و همانند روش فازی در جنوب و شمال منطقه ولی با شدت کمتر توزیع شده‌اند. در این روش هیچ قسمتی از منطقه در کلاس خیلی شدید قرار نگرفت.

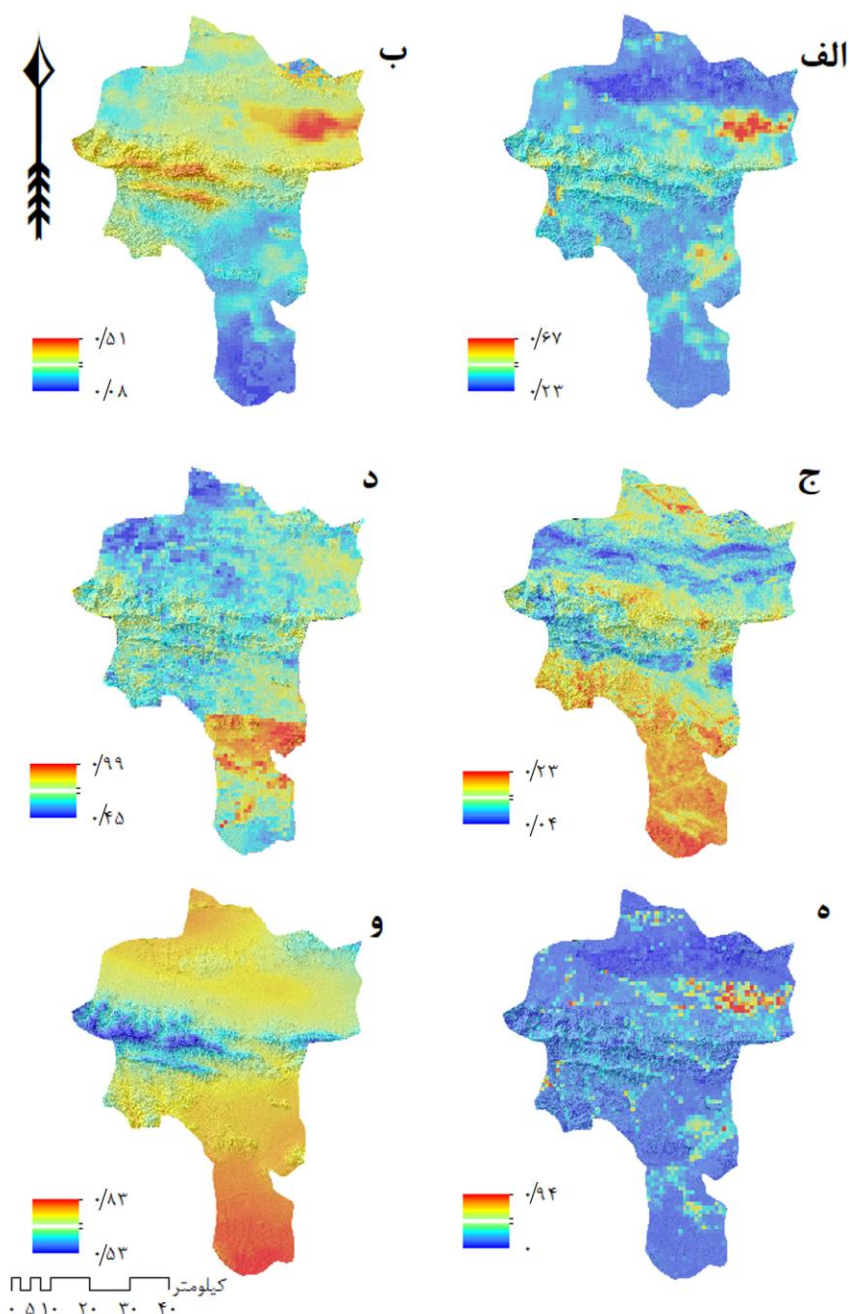
تغییر شاخص‌ها در دوره مطالعاتی

در شکل ۴، تغییر شاخص‌های مختلف در دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۰ در شهرستان تربت حیدریه استان خراسان رضوی ارائه شده است. همان گونه که نشان داده شده، شاخص‌های پوشش گیاهی نشان از بهبود پوشش گیاهی در منطقه شمال غربی دارند.

شاخص شوری نشانگر افزایش شوری در جنوب منطقه بوده و شاخص دمایی نیز حاکی از افزایش تنش حرارتی در منطقه است. بارش منطقه نیز در این سال نشان از بهبود بارش در مناطق مرتفع داشته که چندان بر بیابانزایی منطقه تأثیر نخواهد داشت. در عین حال، شاخص ترکیبی خشکسالی نیز از افزایش تنش در جنوب منطقه حکایت دارد.

نقشه ترکیبی فازی و IDI

در شکل ۵، تغییرات بیابانزایی در شهرستان تربت حیدریه استان خراسان رضوی با دو روش فازی و IDI ارائه شده



شکل ۴- تغییرات شاخص‌های مختلف بیابان‌زایی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰ در شهرستان تربت‌حیدریه (الف) TTCI؛ (ب) VCI؛ (ج) SDI؛ (د) شوری؛ (ه) EVI؛ (و) بارش

۰/۵۴ با روش فازی بوده که نشان‌دهنده تطابق بیشتر روش IDI با واقعیت میدانی است.

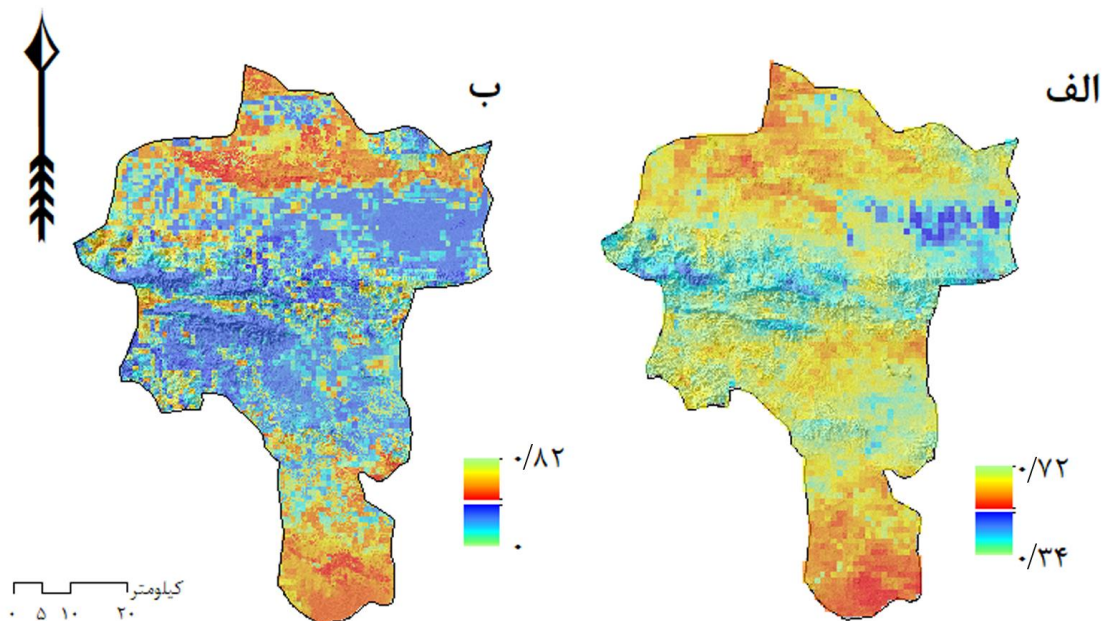
بحث و نتیجه‌گیری

در این بررسی به مقایسه دو روش فازی و IDI در ارزیابی شدت بیابان‌زایی در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی پرداخته شده است. شرایط این حوزه در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی که بر بیابان‌زایی مؤثر است شاخص

همبستگی دو نقشه به‌دست‌آمده معادل ۰/۵۳ بود که علی‌رغم معنی‌دار نبودن از نظر آماری اما نشان‌دهنده تطابق دو روش در اندازه‌گیری شدت بیابان‌زایی بوده است. جهت اعتبار سنجش نتایج به‌دست‌آمده در ۸۰ نقطه از منطقه به‌صورت تصادفی بر اساس نظر کارشناسی اقدام به نمره‌دهی به‌شدت بیابان‌زایی بر اساس بازه ۰ تا ۱ شده و نتایج با دو روش فازی و IDI مقایسه شد. نتایج به‌دست‌آمده گویای ضریب کاپای ۰/۷۳ با روش IDI و

محدوده این دو شاخص نیز که برای شاخص EVI که در هر دو بازه بین ۰/۲-۰/۴ و برای شاخص VCI در هر دو بازه بین ۰/۳۵-۰ بوده است نشان از پوشش گیاهی فقیر منطقه است که توان حفاظت از زمین در برابر فرسایش را ندارد. وزن این دو شاخص از نظر کارشناسان پس از بارش و شوری بیشترین میزان بوده (۰/۱۸) برای EVI و (۰/۱۳) برای VCI که خود از نقش مهم پوشش گیاهی در بیابانزایی در منطقه خبر می‌دهد. ارزیابی صورت گرفته در مورد کاربری زمین در منطقه نشان‌دهنده تغییر چندانی در کاربری نبود و تنها افزایشی ناچیزی در کاربری مسکونی داشته است و به همین دلیل نتایج آن در این مقاله ارائه نشده است.

پوشش گیاهی است که در این بررسی دو شاخص EVI و VCI مد نظر قرار گرفتند. شاخص NDVI به دلیل آن که در مناطق بیابانی با غالبیت بازتاب پس‌زمینه خاکی دچار خطا می‌شود با شاخص EVI جایگزین شد [۵، ۲۶، ۳۴]. شاخص VCI نیز که شرایط پوشش گیاهی را نسبت به بهترین و بدترین شرایط پوشش گیاهی در آن منطقه نشان می‌دهد می‌تواند گویای شدت بیابانزایی در منطقه باشد [۱۱، ۴۰]. براین اساس، پوشش گیاهی در شمال غرب و برخی ارتفاعات منطقه بهبود داشته و در سایر مناطق یکسان مانده است. پوشش گیاهی منطقه به دلیل چرای انواع دام تخریب یافته و مستعد انواع فرسایش آبی و بادی است. اگرچه بهبودی در پوشش در محدود مناطقی از منطقه رخ داده اما روند کلی بر اساس مشاهدات میدانی تخریب پوشش گیاهی بوده است.



شکل ۵- تغییرات بیابانزایی در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی با دو روش الف) فازی و ب) IDI

جدول ۲- مساحت (کیلومترمربع) کلاس‌های شدت بیابانزایی در دو روش فازی و IDI

در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی				
کلاس بیابانزایی	فازی	درصد	درصد	IDI
خفیف (۰-۲۵)	۹۶۸/۷	۲۶	۵۵۸/۹	۱۵
متوسط (۰/۲۵-۰/۵)	۱۰۸۰/۵	۲۹	۶۷۰/۶	۱۸
شدید (۰/۵-۰/۷۵)	۴۴۷/۱	۱۲	۲۴۹۶/۴	۶۷
خیلی شدید (۰/۷۵-۱)	۱۲۲۹/۵	۳۳	-	-
جمع	۳۷۲۶	۱۰۰	۳۷۲۶	۱۰۰

باشد [۳۳]. در هر صورت این عامل بر شدت بیابان‌زایی در منطقه مؤثر است.

نتایج شاخص ترکیبی خشکسالی SDI که با استفاده از بارش و شاخص‌های گیاهی VCI و EVI تهیه شده است، بوده نشان داد که شرایط خشکسالی در دشت‌های جنوبی و برخی مناطق شمالی تشدید شده و همین امر می‌تواند بر بیابان‌زایی در منطقه تأثیرگذار باشد [۱۷]. خشکسالی با تأثیری که بر پوشش گیاهی، شوری، تنش رطوبتی و فرسایش می‌گذارد می‌تواند اصلی‌ترین عامل بیابان‌زایی در شهرستان تربت‌حیدریه باشد [۴۱، ۳۰].

سرانجام، با ترکیب نقشه‌های مربوط به شاخص‌های در نظر گرفته شده، دو نقشه نهایی شدت بیابان‌زایی به روش‌های فازی و IDI به دست آمد. نتایج نشان داد که در روش فازی ۴۵ درصد (۱۶۷۶ کیلومتر مربع) از منطقه دچار بیابان‌زایی شدید و خیلی شدید است ولی درعین حال عمده سطح منطقه یعنی ۵۵ درصد (۲۰۴۸ کیلومتر مربع) شدت خفیف و متوسط داشته‌اند.

در مقام مقایسه، در روش IDI هیچ سطحی از منطقه در کلاس خیلی شدید قرار ندارد ولی درعین حال، کلاس شدید ۶۷ درصد (۲۴۹۶ کیلومتر مربع) از منطقه را به خود اختصاص داده است. براین اساس، اگرچه دو روش فازی و IDI عمده منطقه را در خطر بیابان‌زایی طبقه‌بندی کرده‌اند اما این طبقه‌بندی در روش فازی به شدت سختگیرانه‌تر از روش IDI بوده است و درعین حال، روش IDI نیز تمایل به بیش تخمینی شرایط بیابان‌زایی دارد.

مقایسه صورت گرفته بین داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده و مقادیر مشابه در نقشه‌های به‌دست‌آمده نشان از تطابق بیشتر روش IDI (شاخص کاپا ۰/۷۳) در برابر روش فازی (شاخص کاپا ۰/۵۴) بوده است؛ بنابراین می‌توان گفت که روش IDI اگرچه کارایی بالاتری داشته است در نهایت این روش برای ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه در برابر روش فازی پیشنهاد می‌گردد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج [۳۰] در شهرستان مشهد خراسان رضوی مطابقت دارد.

در این پژوهش به بررسی تغییر شدت بیابان‌زایی در شهرستان تربت‌حیدریه استان خراسان رضوی پرداختیم. شاخص‌های در نظر گرفته شده، به جز بارش، همگی محصولات سنجش‌ازدوری ماهواره MODIS بوده‌اند. این

شاخص دیگری که رابطه تنگاتنگی با پوشش گیاهی دارد، شرایط وضعیت دمایی منطقه است. برای این منظور شاخص TCI در نظر گرفته شده که وابسته به دمای سطحی خاک است که خود به شدت به پوشش سطح خاک وابسته است [۲۲]. کمبود پوشش گیاهی در این منطقه سبب شده تا شرایط دمایی به شدت به سمت دمای بالا تمایل داشته باشد [۲۲]. شاخص TCI نشان‌دهنده تنش رطوبتی در خاک بوده و در صورت وجود تنش که نشان‌دهنده خشکسالی و در نتیجه بیابان‌زایی در منطقه است، تغییر می‌کند [۱۹]. شاخص مربوطه که بین ۱۰۰-۰ متغیر است در این منطقه، در دو بازه زمانی بین ۳۰-۰ تغییر کرده که نشان از تنش رطوبتی در منطقه و استعداد خشکسالی و بیابان‌زایی است [۴]. عمده این تنش در مناطق دشتی شمال و جنوب منطقه دیده می‌شود. تنش رطوبتی بر استقرار پوشش گیاهی تأثیر داشته و خود به فرسایش آبی و بادی، تخریب زمین و بیابان‌زایی دامن می‌زند [۳۹].

بصورت کلی بارش منطقه کاهش داشته و بیشترین کاهش در مناطق دشتی دیده می‌شود که خود با شاخص دمایی همخوانی دارد. عدم وجود بارش مناسب نه تنها بر استقرار پوشش گیاهی مؤثر است، می‌تواند به افزایش شوری، انواع فرسایش، تنش‌های حرارتی و مقاومت خاک تأثیرگذار باشد. به همین دلیل به نظر می‌رسد این عامل در بیابان‌زایی منطقه نقش مهمی داشته باشد. از نظر کارشناسان کاهش بارش با وزن ۰/۲۵ پس از شوری بیشترین وزن را داشته است.

در کنار بارش، شاخص شوری نیز در نظر گرفته شده است. این شاخص، نشان‌دهنده رشد شدید خشکسالی در دشت‌های جنوبی منطقه است. هم‌زمان گفته شد که شاخص بارش و دما نیز در این محدوده دچار شرایط آنومالی هستند و پوشش گیاهی نیز نه تنها رشدی نداشته بلکه بر اساس مشاهدات دچار تخریب بر اثر چرای شدید دام شده است. افزایش شوری آب می‌تواند بر اثر استفاده از آب‌های زیرزمینی شور برای آبیاری، کاهش بارش و صعود آب شور از آب‌های زیرزمینی شور، وجود سازندهای تبخیری در منطقه و کاهش کلی کیفیت آب در منطقه

به صورت هم‌زمان این بیش تخمینی در روش فازی بیشتر است.

مقایسه نتایج با واقعیت زمینی نیز گویای عملکرد بهتر روش IDI نسبت به روش فازی بوده است و به همین منظور پیشنهاد می‌شود تا این روش برای ارزیابی بیابانزایی در منطقه نسبت به روش فازی ارجحیت داشته باشد. نتایج این تحقیق برای مدیران اراضی در زمینه ارزیابی روند بیابانزایی و برنامه‌ریزی برای مقابله با این پدیده مفید خواهند بود.

شاخص‌ها عبارت‌اند از شاخص ارتقاء یافته پوشش گیاهی، شاخص وضعیت پوشش گیاهی، شاخص شوری، شاخص ترکیبی خشکسالی، شاخص شرایط دمایی.

نتایج به دست آمده از شاخص‌های مختلف نشان داد که پوشش گیاهی منطقه به جز محدود نواحی در شمال غرب منطقه، تغییری نداشته است. در عین حال، شاخص‌های تنش رطوبتی، حرارتی، شوری و خشکسالی در منطقه شدت گرفته‌اند. در نتیجه، بیابانزایی در منطقه دچار افزایش شدت شده است. مقایسه دو روش فازی و IDI نشان‌دهنده بیش تخمینی در هر دو روش است ولی

References

- [1]. Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., & Zakeri, D. (2021). Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. *Environment Development and Sustainability*, 23(2), 2503-2523.
- [2]. Akbari, M., Shalamzari, M.J., Memarian, H., & Gholami, A. (2020). Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. *Ecological Indicators*, 111: 106011.
- [3]. Albalawi, E.K., & Kumar, L. (2013). Using remote sensing technology to detect, model and map desertification: A review. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 791-797.
- [4]. Almamalachy, Y.S., Al-Quraishi, A.M.F., & Moradkhani, H. (2020). Agricultural drought monitoring over Iraq utilizing MODIS products, in *Environmental Remote Sensing and GIS in Iraq*. Springer, 253-278.
- [5]. Chen, PY., Fedosejevs, G., Tiscareño-López, M., & J.G. Arnold. (2006). Assessment of MODIS-EVI, MODIS-NDVI and VEGETATION-NDVI Composite Data Using Agricultural Measurements: An Example at Corn Fields in Western Mexico. *Environmental monitoring and assessment*, 119, 69-82.
- [6]. Daliakopoulos, I., Tsanis, I., Koutroulis, A., Kourgialas, N., Varouchakis, A., Karatzas, G., & Ritsema, C. (2016). The threat of soil salinity: A European scale review. *Science of the Total Environment*, 2016. 573, 727-739.
- [7]. Didan, K., Munoz, A.B., Solano, R., & Huete, A. (2015). MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series). University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab, 35, 2-33.
- [8]. Du, L., Tian, Q., Yu, T., Meng, Q., Jancso, T., Udvardy, P., & Huang, Y. (2013). A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2013. 23, 245-253.
- [9]. Fathi, A., Jafari, R., & Soltani, S. (2015). Performance comparison of MEDALUD, MICD and FAO-UNEP desertification mapping models in the desertification hotspot of Jarghoyeh region, Isfahan province. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(71), 299-310. (in Farsi)
- [10]. Feng, Q., Ma, H., Jiang, X., Wang, X., & Cao, S. (2015). What has caused desertification in China? *Scientific reports*, 5(1), 1-8.
- [11]. Ferreira, T.R., Pace, F.T.D., Silva, B.B.D., & Delgado, J.R. (2017). Identification of desertification-sensitive areas in the Brazilian Northeast through vegetation indices. *Engenharia Agrícola*, 37, 1190-1202.
- [12]. Gad, A., & Lotfy, I. (2008). Use of remote sensing and GIS in mapping the environmental sensitivity areas for desertification of Egyptian territory. *Solid Earth Discuss*, 3(2), 41-85.

- [13]. Gale, T. (2009). A ricardian Analysis of the distribution of climate change impacts on agriculture across agro-ecological zones in Africa. *World Ban*, 43, 313-332.
- [14]. Jafari, M., Gholami, A., Khalighi Sigaroudi, S., Alizadeh Shabani, A., & Arzani, H. (2018). Site selection for rainwater harvesting for wildlife using Multi-Criteria Evaluation (MCE) technique and GIS in the kavir national park, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 8(1), 77-92.
- [15]. Jafari Shalamzari, M., Zhang, W., Gholami, A. & Zhang, Z. (2019). Runoff Harvesting Site Suitability Analysis for Wildlife in Sub-Desert Regions. *Water*, 2019. 11(9), 1944.
- [16]. Jain, A., Nandakumar, K., & Ross, A. (2005). Score normalization in multimodal biometric systems. *Pattern recognition*, 38(12), 2270-2285.
- [17]. Kacem, H.A., Fal, S., Karim, M., Alaoui, H.M., Rhinane, H., & Maanan, M. (2021). Application of fuzzy analytical hierarchy process for assessment of desertification sensitive areas in North West of Morocco. *Geocarto International*, 2021. 36(5), 563-580.
- [18]. Karnieli, A., Gabai, A., Ichoku, C., Zaady, E., & Shachak, M. (2002). Temporal dynamics of soil and vegetation spectral responses in a semi-arid environment. *International Journal of Remote Sensing*, 23(19), 4073-4087.
- [19]. Kirana, A., Ariyanto, R., Ririd, A., & Amalia. E. (2020). Agricultural drought monitoring based on vegetation health index in East Java Indonesia using MODIS Satellite Data. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.
- [20]. Kogan, F.N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 15(11), 91-100.
- [21]. Kotiaho, J.S., & Halme, P. (2018). *The ipbes assessment report on land degradation and restoration*. 26(11), 1243-1248
- [22]. Kukunuri, A.N., Murugan, D., & Singh, D. (2020). Variance based fusion of VCI and TCI for efficient classification of agriculture drought using MODIS data. *Geocarto International*, 37 Variance based fusion of VCI and TCI for efficient classification of agriculture drought using MODIS data. *Geocarto International*, 37(10), 1-22.
- [23]. Kumar, B.P., Babu, K.R., Rajasekhar, M., & Ramachandra, M. (2019). Assessment of land degradation and desertification due to migration of sand and sand dunes in Beluguppa Mandal of Anantapur district (AP, India), using remote sensing and GIS techniques. *Indian Geophysical Union*, 23(2), 173-180.
- [24]. Kust, G. (2011). To the treatment and interpretation of the “desertification” term in Russia. *Arid ecosystems*, 1(4), 299-304.
- [25]. Laity, J.J. (2009). Deserts and desert environments. Vol. 3. John Wiley & Sons.
- [26]. Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651.
- [27]. Mehta, M., Saha, S., & Agrawal, S. (2013). Evaluation of Indices and Parameters Obtained from Optical and Thermal Bands of Landsat 7 ETM+ for Mapping of Salt-Affected Soils and Water-Logged Areas. *Asian Journal of Geoinformatics*, 12(4), 9-16.
- [28]. Murray, N.J., Keith, D.A., Bland, L.M., Ferrari, R., Lyons, M.B., Lucas, R., Pettorelli, N., & Nicholson, E. (2018). The role of satellite remote sensing in structured ecosystem risk assessments. *Science of the Total Environment*, 619, 249-257.
- [29]. Oldeman, L., Hakkeling, R., Sombroek, W., & Batjes, N. (1991). *Global assessment of human-induced soil degradation (GLASOD)*, in *World map of the status of human-induced soil degradation*. Wageningen, Netherlands: Winand Staring Centre-ISSSFAO-ITC.
- [30]. Pashaei, M., Rashki, A., & Sepehr, A. (2017). An integrated desertification vulnerability index for Khorasan-Razavi, Iran. *Natural Resources and Conservation*, 5(3), 44-55.
- [31]. Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1): 83-98.

- [32]. Santini, M., Caccamo, G., Laurenti, A., Noce, S., & Valentini, R. (2010). A multi-component GIS framework for desertification risk assessment by an integrated index. *Applied Geography*, 30(3): 394-415.
- [33]. Shahid, S.A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). Soil salinity: historical perspectives and a world overview of the problem, in *Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques*. Springer. 43-53.
- [34]. Shammi, S.A., & Meng, Q. (2021). Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. *Ecological Indicators*, 121(1), 107124.
- [35]. Shihab, T.H., & Al-hameedawi, A.N. (2020). Desertification Hazard Zonation in Central Iraq Using Multi-criteria Evaluation and GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(3), 397-409.
- [36]. Sörensson, A.A., & Ruscica, R.C. (2018). Intercomparison and uncertainty assessment of nine evapotranspiration estimates over South America. *Water Resources Research*, 54(4), 2891-2908.
- [37]. Vogt, J., Safriel, U., Von Maltitz, G., Sokona, Y., Zougmore, R., Bastin, G., & Hill, J. (2011). Monitoring and assessment of land degradation and desertification: towards new conceptual and integrated approaches. *Land Degradation & Development*, 22(2), 150-165.
- [38]. Wang, L., Seki, K., Miyazaki, T., & Ishihama, Y. (2009). The causes of soil alkalization in the Songnen Plain of Northeast China. *Paddy and Water Environment*, 7(3), 259-270.
- [39]. Yadav, A.N., Gulati, S., Sharma, D., Singh, R.N., Rajawat, M.V.S., Kumar, R., Dey, R., Pal, K.K., Kaushik, R., & Saxena, A.K. (2019). Seasonal variations in culturable archaea and their plant growth promoting attributes to predict their role in establishment of vegetation in Rann of Kutch. *Biologia*, 74(8), 1031-1043.
- [40]. Yu, X., Zhuo, Y., Liu, H., Wang, Q., Wen, L., Li, Z., Liang, C., & Wang, L. (2020). Degree of desertification based on normalized landscape index of sandy lands in inner Mongolia, China. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01132.
- [41]. Zandi, R., Entezari, A., Baaghide, M., & Khosravian, M. (2021). Evaluation of drought and its effects on vegetation in southern regions of Iran. *Researches in Earth Sciences*. 12(2), 36-49.

Comparison of fuzzy method and Integrated Desertification Index (IDI) in assessing the intensity of desertification in Torbat-e-Heydariyeh of Khorasan Razavi province with emphasis on vegetation indices (Research Paper)

1- Mostafa Dastorani*, Assistant Professor, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

m.dastorani@hsu.ac.ir

2- Mohsen Jafari Shalamzari, Head of the IT section of Payam Nour University, Shahrekord, Iran.

Received: 12 Nov. 2021

Accepted: 16 May 2022

Abstract

In this study, the efficiency of two fuzzy methods and the integrated desertification index in Torbat-e-Heydariyeh, Khorasan Razavi province, have been compared using enhanced vegetation indices, vegetation condition index, salinity index, synthesized drought index, and temperature index for 2000 and 2020. The indices were normalized using maximum-minimum and fuzzy methods and weighted by analytical hierarchical method (AHP). Next, by weighted overlay combination and IDI method, the intensity of desertification was determined. The results showed that in the fuzzy method, 45% (1676 Km²) of the region suffers from severe and very severe desertification, and a major section (ie 55%, 2048 sq. Km) has mild and moderate intensity. In comparison, in the IDI method, no area fell into the very severe class, but at the same time, 67% (2496 Km²) of the total area fell into the extreme class. Accordingly, although the two methods have classified the area at risk of desertification, but this classification in the fuzzy method has been much stricter than the IDI method. The IDI method tends to overestimate desertification conditions. The comparison between the measured field data and similar values in the obtained maps showed that the IDI method (kappa index of 0.73) was more compatible with the ground truth than the fuzzy method (kappa index of 0.54). Therefore, it can be concluded that the IDI method, although more efficient, has also overestimated the desertification in the region. Finally, this method is proposed to evaluate desertification in the region against the fuzzy method.

Keywords: Land degradation, Vegetation, Remote sensing, GIS, Salinity.